

(43)Date of publication of application : 11.05.2001

(72)Inventor : ENOMOTO YOICHI  
SUZUKI HIDEO  
IZUMI TERUO  
SHIOBARA TORU  
IYAMA MICHITOMO

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-127351

(P2001-127351A)

(43) 公開日 平成13年5月11日 (2001. 5. 11)

(51) Int Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 1 L 39/02	Z A A	H 0 1 L 39/02	Z A A A 4 M 1 1 4
H 0 1 P 3/08	Z A A	H 0 1 P 3/08	Z A A 5 J 0 1 4
11/00	Z A A	11/00	Z A A G

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-302172

(22) 出願日 平成11年10月25日 (1999. 10. 25)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(71) 出願人 391004481

財団法人国際超電導産業技術研究センター  
東京都港区新橋5丁目34番3号 築進開発ビル6階

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(74) 代理人 100091340

弁理士 高橋 敬四郎

最終頁に続く

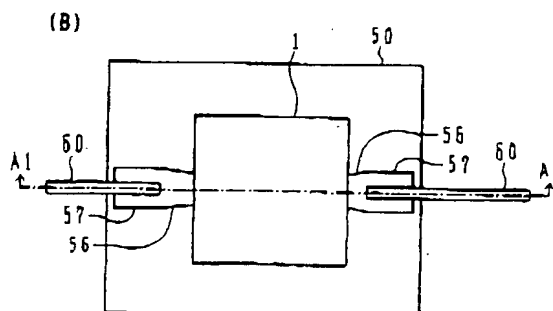
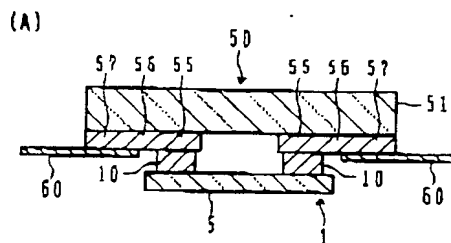
(54) 【発明の名称】 超伝導回路装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 常電導ワイヤを用いることなく、超伝導回路基板を実装基板上に実装することが可能な超伝導回路装置を提供する。

【解決手段】 複数のパッドが、誘電体基板の主表面上に離散的に配置されている。パッドは、酸化物超伝導材料により形成されている。接地導電膜が、誘電体基板の主表面上に配置されている。接地導電膜は、酸化物超伝導材料により形成されている。誘電体膜が、接地導電膜の表面を覆う。超伝導回路パターンが、誘電体膜の表面上に配置されている。超伝導回路パターンは、パッドに接続されている。接地導電膜、誘電体膜、及び超伝導回路パターンの厚さの合計が、パッドの高さよりも小さい。

第1の実施例による超伝導回路装置



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の誘電体基板と、

前記第1の誘電体基板の主表面上に離散的に配置され、  
酸化物超伝導材料により形成された複数の第1のパッドと、

前記第1の誘電体基板の主表面上に配置され、酸化物超  
伝導材料により形成された接地導電膜と、

前記接地導電膜の表面を覆う誘電体膜と、

前記誘電体膜の表面上に配置され、酸化物超伝導材料で  
形成され、前記第1のパッドに接続された超伝導回路パ  
ターンとを有し、

前記接地導電膜、前記誘電体膜、及び前記超伝導回路パ  
ターンの厚さの合計が、前記第1のパッドの高さよりも  
小さい超伝導回路装置。

【請求項2】 前記接地導電膜が、前記複数の第1のパ  
ッドのうち少なくとも1つの第1のパッドの表面を覆  
い、当該第1のパッドに電気的に接続されている請求項  
1に記載の超伝導回路装置。

【請求項3】 さらに、前記第1の誘電体基板よりも大  
きな第2の誘電体基板と、

前記第2の誘電体基板の主表面上に離散的に配置され、  
酸化物超伝導材料で形成された複数の第2のパッドであ  
って、該第2の誘電体基板の主表面を前記第1の誘電体  
基板の主表面に対向させたとき、該第2のパッドが前記  
第1のパッドと対応する位置に配置されている第2のパ  
ッドと、

前記第2の誘電体基板の主表面上に配置され、酸化物超  
伝導材料で形成され、前記第2のパッドに接続された複  
数の配線とを有し、

前記第2のパッドの各々の上面が、対応する前記第1の  
パッドの上面に接合され、両者が電気的に導通している  
請求項1または2に記載の超伝導回路装置。

【請求項4】 第1の誘電体基板の主表面上に、第1の  
酸化物超伝導膜を形成する工程と、

前記第1の酸化物超伝導膜をパターンニングし、離散的に  
分布する複数の第1のパッドを残す工程と、

前記第1の誘電体基板の主表面の一部の領域上に、酸化  
物超伝導材料からなる接地導電膜を形成する工程と、

前記接地導電膜の表面上に、誘電体薄膜を形成する工程  
と、

前記誘電体薄膜の表面上に、酸化物超伝導材料からな  
り、前記第1のパッドに接続された超伝導回路パターン  
を形成する工程とを有する超伝導回路装置の製造方法。

【請求項5】 前記第1のパッドの高さが、前記接地導  
電膜と誘電体薄膜と超伝導回路パターンとの合計の厚さ  
よりも大きい請求項4に記載の超伝導回路装置の製造方  
法。

【請求項6】 前記接地導電膜を形成する工程が、  
前記第1の誘電体基板の主表面及び前記第1のパッドを  
被覆するように、第2の酸化物超伝導薄膜を形成する工

程と、

前記第1のパッドのうち少なくともひとつの第1のパッ  
ドが他の第1のパッドから電気的に分離されるように、  
かつ前記第2の酸化物超伝導薄膜が前記第1の誘電体基  
板の主表面の一部の領域上に残るように前記第2の酸化  
物超伝導薄膜をパターンニングする工程とを含む請求項4  
または5に記載の超伝導回路装置の製造方法。

【請求項7】 さらに、主表面上に、酸化物超伝導材料  
で形成された複数の第2のパッドであって、該第2の誘  
電体基板の主表面を前記第1の誘電体基板の主表面に対  
向させたとき、該第2のパッドが前記第1のパッドと対  
応する位置に配置されている第2のパッドと、酸化物超  
伝導材料で形成され、前記第2のパッドに接続された複  
数の配線とを有する第2の誘電体基板を準備する工程  
と、

前記第1の誘電体基板と前記第2の誘電体基板とを、両  
者の主表面同士を対向させ、前記第2のパッドの各々の  
上面が、対応する前記第1のパッドの上面に接触するよ  
うに配置する工程と、

前記第1の誘電体基板と前記第2の誘電体基板とを加熱  
し、前記第1のパッドとそれに対応する第2のパッドと  
を接合する工程とを含む請求項4～6のいずれかに記載  
の超伝導回路装置の製造方法。

【請求項8】 主表面が誘電体材料で形成され、主表面  
よりも下方に誘電体材料と酸化物超伝導材料との界面が  
形成された複合基板であって、該基板の主表面内に第1  
の領域とそれに隣接する第2の領域が画定され、該第1  
の領域においては、主表面から前記界面までの深さがほ  
ぼ一定であり、該第2の領域においては、主表面から前  
記界面までの深さが、前記第1の領域から離れるに従っ  
て深くなっている前記複合基板と、  
前記複合基板の主表面内の前記第1の領域上に形成され  
た超伝導回路パターンと、

前記複合基板の主表面内の前記第2の領域上に形成さ  
れ、超伝導材料からなる引出パターンであって、該引出  
パターンは前記第1の領域と第2の領域との境界線と交  
差する方向に延在し、前記超伝導回路パターンに接続さ  
れ、前記第1の領域から離れるに従って徐々に太くなっ  
ている前記引出パターンとを有する超伝導回路装置。

【請求項9】 前記複合基板が、  
該複合基板の主表面に平行な上面、及び該上面に連続す  
る斜面を有し、酸化物超伝導材料で形成された第1の部  
材と、

前記第1の部材の斜面に密着する斜面、及び前記第1の  
部材の上面とともにひとつの仮想平面を画定する上面を  
有し、誘電体材料で形成された第2の部材と、

前記第1の部材の上面と前記第2の部材の上面とを被覆  
する誘電体薄膜とを含む請求項8に記載の超伝導回路装  
置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超伝導材料を用いた電子回路を有する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】電気配線に超伝導材料を用いると、高周波電流に対する表面抵抗を低くすることができる。また、超伝導のトンネル効果素子を使用すると、消費電力の低減及び動作の高速化が可能になる。超伝導材料がこれらの優れた特性を有することから、高周波回路への超伝導材料の適用が進められている。超伝導転移温度が液化窒素温度を超える酸化物超伝導材料の発見以来、配線に酸化物超伝導材料を使用する試みがなされている。

【0003】高周波回路では、信号を効率よく伝搬させるために、一般的にマイクロストリップライン構造が採用される。マイクロストリップライン構造の誘電層には、誘電特性( $\tan \delta$ )に優れた材料が適している。また、誘電層上に酸化物超伝導薄膜をエビタキシャル成長させることができることが好ましい。これらの理由により、酸化物超伝導材料を用いたマイクロストリップライン構造の誘電層としてMgOが用いられる場合が多い。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】配線の特性インピーダンスが空間的に変動すると、特性インピーダンスの変化点で信号の反射が生じ、信号の減衰や波形の歪が生ずる。信号の周波数が高くなると、信号の減衰や波形歪が顕著になる。

【0005】マイクロストリップライン構造の特性インピーダンスは、誘電体層の誘電率、その厚さ、及び配線幅等によって近似的に決定される。誘電体層としてMgOを用い、特性インピーダンスを50Ω程度に設定するためには、誘電体層の厚さと配線幅とを同程度にしなければならない。

【0006】超伝導集積回路装置の作製には、薄膜多層化技術が用いられる。この場合、薄膜表面の凹凸、結晶性、及び成長時間等から、通常、薄膜の厚さは1μm以下に設定される。MgOからなる誘電体層の厚さが1μm以下のときにマイクロストリップラインの特性インピーダンスを50Ωにするためには、配線幅を1μm以下にする必要がある。

【0007】一方、集積回路装置に接続される外部の配線は同軸構造を有し、その中心導体の太さは、細くても0.1mm程度である。集積回路装置の配線幅と同軸ケーブルの中心導体の太さとの大きな相違が、組み立てを困難にし、インピーダンス不整合による反射を大きくする。

【0008】また、金属系の超伝導材料を使用する場合には、集積回路基板と実装基板との接続にフリップチップボンディングが用いられる。ところが、酸化物超伝導材料を用いる場合には、フリップチップボンディングを

行うことが困難であり、常電導ワイヤを介した接続方法が採用されてきた。常電導ワイヤを用いると、超伝導材料同士を直接接続する場合に比べて、伝送特性が劣化してしまう。

【0009】本発明の目的は、常電導ワイヤを用いることなく、超伝導回路基板を実装基板上に実装することが可能な超伝導回路装置及びその製造方法を提供することである。

【0010】本発明の他の目的は、超伝導回路装置と外部線路との特性インピーダンスの整合を図ることが可能な超伝導回路装置を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によると、第1の誘電体基板と、前記第1の誘電体基板の主表面上に離散的に配置され、酸化物超伝導材料により形成された複数の第1のパッドと、前記第1の誘電体基板の主表面上に配置され、酸化物超伝導材料により形成された接地導電膜と、前記接地導電膜の表面を覆う誘電体膜と、前記誘電体膜の表面上に配置され、酸化物超伝導材料で形成され、前記第1のパッドに接続された超伝導回路パターンとを有し、前記接地導電膜、前記誘電体膜、及び前記超伝導回路パターンの厚さの合計が、前記第1のパッドの高さよりも小さい超伝導回路装置が提供される。

【0012】第1のパッドが比較的高いため、第1の誘電体基板や、それを実装するための実装基板に反りがあっても、第1のパッドと実装基板側のパッドとを安定して接合することができる。

【0013】本発明の他の観点によると、第1の誘電体基板の主表面上に、第1の酸化物超伝導膜を形成する工程と、前記第1の酸化物超伝導膜をパターンニングし、離散的に分布する複数の第1のパッドを残す工程と、前記第1の誘電体基板の主表面の一部の領域上に、酸化物超伝導材料からなる接地導電膜を形成する工程と、前記接地導電膜の表面上に、誘電体薄膜を形成する工程と、前記誘電体薄膜の表面上に、酸化物超伝導材料からなり、前記第1のパッドに接続された超伝導回路パターンを形成する工程とを有する超伝導回路装置の製造方法が提供される。

【0014】超伝導回路パターンを形成する工程とは異なる工程で第1のパッドが形成される。このため、第1のパッドの高さを、超伝導回路パターンの厚さとは独立して設定することが可能になる。第1のパッドを高くすると、基板の反り等の影響を受けにくくなる。

【0015】本発明の他の観点によると、主表面が誘電体材料で形成され、主表面よりも下方に誘電体材料と酸化物超伝導材料との界面が形成された複合基板であって、該基板の主表面内に第1の領域とそれに隣接する第2の領域が画定され、該第1の領域においては、主表面から前記界面までの深さがほぼ一定であり、該第2の領

域においては、主表面から前記界面までの深さが、前記第1の領域から離れるに従って深くなっている前記複合基板と、前記複合基板の主表面内の前記第1の領域上に形成された超伝導回路パターンと、前記複合基板の主表面内の前記第2の領域上に形成され、超伝導材料からなる引出パターンであって、該引出パターンは前記第1の領域と第2の領域との境界線と交差する方向に延在し、前記超伝導回路パターンに接続され、前記第1の領域から離れるに従って徐々に太くなっている前記引出パターンとを有する超伝導回路装置が提供される。

【0016】この超伝導回路装置は、複合基板の誘電体材料と超伝導材料との界面を接地導体面とするマイクロストリップライン構造を有する。引出パターンと接地導体面との間隔が広くなるに従って、引出パターンが太くなっている。このため、引出パターンの特性インピーダンスの空間的な変動を少なくすることができる。引出パターンの太い部分に、高周波コネクタ等の導線を容易に接合することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】図1～図4を参照して、本発明の第1の実施例による超伝導回路装置について説明する。

【0018】図1(A)は、第1の実施例による超伝導回路装置の概略断面図を示し、図1(B)は平面図を示す。図1(B)の一点鎖線A1-A1における断面図が、図1(A)に相当する。超伝導回路装置は、基本的に超伝導回路基板1と実装基板50とを含んで構成される。超伝導回路基板1は、MgOからなる誘電体基板5とYBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>(YBCO)からなる複数の第1のパッド10を含んで構成される。ここでdは、酸素の欠損量である。複数の第1のパッド10は、誘電体基板5の主表面上に離散的に分布する。超伝導回路基板1のより詳細な構成については、図2及び図3を参照して後述する。

【0019】実装基板50は、MgOからなる誘電体基板51と、その主表面上に形成されたYBCOからなる複数の第2のパッド55、配線56及び外部接続用パッド57を含んで構成される。第2のパッド55は、誘電体基板5と51とを、それらの主表面同士を対向させて配置したとき、第1のパッド10に対応する位置に配置されている。第2のパッド55は、それぞれ配線56を介して外部接続用パッド57に電気的に接続されている。

【0020】第1のパッド10の各々の上面が、当該第1のパッド10に対応する第2のパッド55の上面に接合されている。パッド同士の接合は、両者を接触させて、酸素雰囲気中で、920℃で2時間加熱することにより行われる。920℃は、YBCOの焼結温度である。なお、パッド同士を加圧することにより、加熱温度を下げるることができる。例えば、ステンレスパネを用いて加圧した場合、900℃の温度で両者が接合した。

【0021】外部接続用パッド57に、高周波コネクタの中心導体60が圧着されている。なお、高周波コネクタの外部導体は、実装基板50の配線パターンのグランド面に接続する。高周波コネクタに、外部信号線が接続される。外部信号線として、通常、同軸ケーブルが使用される。

【0022】次に、図2及び図3を参照して、超伝導回路基板1の製造方法について説明する。

【0023】図2(A)に示すように、MgOからなる誘電体基板5を準備する。誘電体基板5の主表面上に、YBCOからなる厚さ10μmの超伝導厚膜6を形成する。超伝導厚膜6の形成は、液相結晶成長(LPE)により行われる。MgO基板上にYBCO膜をLPE法を用いて形成する方法は、例えば特開平7-33590号公報に詳細に説明されている。以下、超伝導厚膜6の形成方法を簡単に説明する。

【0024】まず、誘電体基板5の主表面上に、プラズマ蒸着法により厚さ0.01~1μmのYBCO膜を成長させる。プラズマ蒸着法により形成されたYBCO膜の上に、LPE法を用いて厚いYBCO膜を成長させる。溶媒としてBaOとCuOとの混合融液を用いる。BaとCuとのモル比は3:5である。溶質供給物質としてY<sub>2</sub>BaCuO<sub>7</sub>を用いる。溶質と溶媒を入れたるつばを加熱し、溶質と溶媒を溶融させる。その後、表面温度を1000℃に、るつば底部を1010℃に調整する。この状態では、液体状態の溶媒の下部に溶質供給物質が沈殿している。溶媒中には、溶質供給物質が溶解している。

【0025】この溶液にプラズマ蒸着法で形成されたYBCO膜の表面を接触させ、回転数を毎分100回転としてYBCO厚膜を成長させる。プラズマ蒸着法で形成されたYBCO膜が種結晶となる。成長後のYBCO厚膜の厚さが10μmよりもやや厚くなるように、YBCO厚膜を成長させる。成長後、YBCO厚膜の表面を研磨して、厚さ10μmの超伝導厚膜6を形成する。

【0026】図2(B)に示すように、超伝導厚膜6をパターニングして、複数のパッド10を残す。パッド10は、誘電体基板5の主表面上に離散的に分布する。超伝導厚膜6のパターニングは、例えば硝酸を用いたウェットエッチングにより行う。各パッド10の直径は、例えば0.5mm程度である。

【0027】図2(C)に示すように、誘電体基板5の主表面及びパッド10の表面を覆うように、YBCOからなる厚さ0.2~0.3μmの超伝導薄膜12を形成する。超伝導薄膜12の形成は、例えば、レーザ蒸着により行う。

【0028】図2(D)に示すように、超伝導薄膜12をパターニングする。誘電体基板5の主表面の、パッド10の配置されていない領域上に、接地導電膜12aが残る。パッド10の各々の表面上にも、超伝導薄膜12

bが残る。接地導電膜12aは、少なくともひとつのパッド10を覆う超伝導薄膜12bに連続する。また、少なくともひとつのパッド10は、接地導電膜12aから電氣的に分離される。図2(B)においては、右側のパッド10を覆う超伝導薄膜12bが接地導電膜12aに連続し、左側のパッド10が接地導電膜12aから電氣的に分離されている。

【0029】図3(E)に示すように、基板上に、MgOからなる厚さ0.2~0.3 $\mu$ mの誘電体薄膜13を形成する。誘電体薄膜13の形成は、例えばレーザ蒸着またはスパッタリング等により行うことができる。

【0030】図3(F)に示すように、パッド10を覆う誘電体薄膜13を除去する。接地導電膜12aを覆う誘電体薄膜13aが残る。誘電体薄膜13の部分的な除去は、残すべき部分をレジストパターンで覆って、露出した部分をイオンミリングすることにより行うことができる。

【0031】図3(G)に示すように、誘電体薄膜13aの表面上に、YBCOからなる超伝導回路パターン15aを形成するとともに、パッド10を覆う超伝導薄膜12bの上に、さらにYBCOからなる超伝導薄膜15bを積層する。超伝導回路パターン15a及び超伝導薄膜15bは、基板上にYBCO薄膜を成長させた後、このYBCO薄膜をパターニングすることにより形成される。超伝導回路パターン15a及び超伝導薄膜15bの厚さは、0.2~0.3 $\mu$ mである。

【0032】図2(A)から図3(G)までの工程を経て、マイクロストリップライン構造の超伝導回路基板1が作製される。超伝導回路の例として、論理回路が挙げられる。比較回路の一構成例が、IEEEトランザクション オン アプライド スーパーコンダクティビティの第7巻第2号(1997年6月)(IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, VOL. 7, NO. 2, JUNE 1997)の2987~2992頁に記載されている。

【0033】図1(A)に示す実装基板50は、誘電体基板51の表面上に、図3(G)で説明した超伝導回路パターン15a及び超伝導薄膜15bの形成と同様の方法で超伝導パターンを形成することにより作製される。実装基板50側のパッド55の高さは、配線56の厚さと同程度でよい。

【0034】図4は、図1(A)のパッド10とパッド55との間の抵抗の温度依存性を示す。横軸は温度を単位「K」で表し、縦軸は抵抗を単位「 $\Omega$ 」で表す。抵抗の測定は、4端子法を用いて行った。YBCOの超伝導転移温度である約90K以下の範囲において、抵抗が非常に低くなっていることがわかる。YBCOを超伝導状態にすることにより、超伝導回路基板1上の超伝導回路パターンと実装基板50上の配線とを、低抵抗で接続することが

可能である。

【0035】なお、電流電圧特性から判断すると、パッド10とパッド55との間は、完全な超伝導状態にはなっておらず、わずかな残留抵抗が残っていると思われる。ただし、この程度の残留抵抗は、高周波回路の動作にほとんど影響を及ぼさない。残留抵抗が残る原因として、パッド間の界面の結晶粒界に起因する抵抗が考えられる。この抵抗は、パッドの接触前に、両者の表面処理を最適化することにより減少させることができると考えられる。

【0036】パッド10の高さが10 $\mu$ m程度であるため、誘電体基板5や、実装基板50側の誘電体基板51に反りがある場合でも、再現性よく安定して超伝導回路基板1を実装基板50上に接着することができる。また、パッド10が厚すぎると、接着時の加熱によりパッドを形成する超伝導材料が基板内に拡散し、機械的及び電氣的な接着が得られない場合がある。

【0037】発明者らの実験によると、パッド10の高さが0.4 $\mu$ mよりも低い場合、良好な接着が得られなかった。パッド10の高さを0.4 $\mu$ m以上にすることが好ましいであろう。また、接地導電膜12a、誘電体薄膜13a、及び超伝導回路パターン15aの合計の厚さよりも、パッド10を高くすることが好ましい。なお、十分な接着を確保するためには、パッド10の高さを1 $\mu$ m以上にすることがより好ましい。

【0038】図1では、1枚の実装基板上に1枚の超伝導回路基板を実装する場合を説明したが、1枚の実装基板上に複数枚の超伝導回路基板を実装してもよい。

【0039】図5は、1枚の実装基板上に複数枚の超伝導回路基板を実装した超伝導回路装置の概略平面図を示す。実装基板50の主表面上に、複数の超伝導回路基板1が実装されている。両者の接着は、図1(A)に示す超伝導回路装置の場合の接着と同じ方法で行われる。

【0040】実装基板50を構成する誘電体基板51の主表面の外周部近傍の領域上に、複数の外部接続用パッド57が配置されている。外部接続用パッド57は、配線56により、超伝導回路基板1との接続用パッドに接続されている。配線58が、超伝導回路基板1との接続用パッド同士を接続する。

【0041】このように、1枚の実装基板上に複数の超伝導回路基板を実装することにより、実装密度の向上を図ることができる。

【0042】次に、図6を参照して、本発明の第2の実施例による超伝導回路装置について説明する。

【0043】図6(A)は、第2の実施例による超伝導回路装置の断面図を示し、図6(B)は、その平面図を示す。図6(B)の一点鎖線A6-A6における断面図が図6(A)の断面図に相当する。

【0044】複合基板60が、超伝導部材61と2つの誘電体部材62とを含んで構成される。超伝導部材61

は、断面が台形状の、厚さ0.3mmのYBCOからなる板である。すなわち、超伝導部材61は、相互に平行な上面と下面、及び上面と下面とを接続する斜面とを有する。底面と斜面とのなす角は、例えば45度である。超伝導部材61は、そのc軸が上面と垂直になるような結晶面方位とされている。この結晶面方位を採用すると、磁場の侵入長が短くなり配線のインダクタンスの低下を図ることができる。

【0045】誘電体部材62の各々は、MgOからなる板であり、相互に平行な上面と下面、及び上面と下面とを接続する斜面とを有する。2つの誘電体部材62の斜面は、それぞれ、YBCOからなる超伝導薄膜64を介して超伝導部材61の2つの斜面に接着されている。誘電体部材62の上面は、超伝導部材61の上面とともにひとつの仮想平面を画定する。すなわち、超伝導部材61と誘電体部材62とにより、1つの平坦な上面が画定される。誘電体部材62の下面上に、YBCOからなる超伝導薄膜63が形成されている。超伝導薄膜63の表面が、超伝導部材61の下面とともにひとつの仮想平面を画定する。

【0046】超伝導部材61と誘電体部材62の上面上に、MgOからなる厚さ0.3μmの誘電体薄膜65が形成されている。複合基板60の表面が、超伝導部材61の上面に対応する第1の領域75、斜面に対応する第2の領域76、及び誘電体部材62の下面に対応する第3の領域77に区分される。

【0047】複合基板60の表面の第1の領域75の上には、YBCOからなる厚さ0.3μmの超伝導回路パターン70Aが形成されている。超伝導回路パターン70Aは、例えば遅延回路、多段フィルタ、論理回路等である。第2及び第3の領域76及び77の上に、YBCOからなる厚さ0.3μmの引出パターン70Bが形成されている。引出パターン70Bは、超伝導回路パターン70Aに接続されている。引出パターン70Bのうち第2の領域76内に配置された部分の幅が、第1の領域75から離れるに従って太くなっている。

【0048】超伝導回路パターン70Aのパターン幅は0.3μmである。引出パターン70Bのうち、第1の領域75と第2の領域76との境界上の部分の幅は0.3μmであり、第2の領域76と第3の領域77との境界上の部分及び第3の領域77内の部分の幅は0.3mmである。

【0049】複合基板60は、銅製のキャビティ72内に収納されている。超伝導部材61及び超伝導薄膜63は、キャビティ72の内面に電気的に接続される。高周波コネクタの中心導体71が、キャビティ72に設けられた貫通孔を経由してキャビティ72内に挿入され、引出パターン70Bに圧着されている。高周波コネクタの外部導体は、キャビティ72に接続される。

【0050】超伝導部材61の上面、超伝導薄膜63及

び64を接地導体とするマイクロストリップライン構造が得られる。複合基板60の主表面、すなわち誘電体薄膜65の表面から、接地導体までの深さは、第1の領域75においては一定である。第2の領域76においては、この深さは、第1の領域75から離れるに従って深くなっている。

【0051】引出パターン70Bは、複合基板60の主表面から接地導体までの深さが深くなるに従って、その深さに応じて太くなっている。このため、引出パターンの特性インピーダンスを空間的にほぼ一定にすることが可能になる。引出パターン70Bは、第3の領域77内において広くされているため、引出パターン70Bと中心導体71とを容易に圧着することができる。引出パターン70Bと中心導体71との接触面積が大きくなるため、両者の接触抵抗を低減することができる。また、接続部のインピーダンスが整合しているため、高周波信号の反射損失を低減することができる。

【0052】次に、第2の実施例による超伝導回路装置の製造方法について説明する。超伝導部材61及び誘電体部材62は、それぞれ、YBCOの単結晶基板及びMgOの単結晶基板の縁を斜めに研磨するか、または斜めに切り落とすことによって得られる。超伝導薄膜63及び64は、レーザ蒸着またはスパッタリングにより形成される。

【0053】超伝導薄膜63及び64を形成した誘電体部材62と超伝導部材61との接着は、両者の斜面向士を接触させて920℃程度に過熱することにより行われる。

【0054】誘電体薄膜65の形成は、レーザ蒸着により行うことができる。例えば、酸素雰囲気中で、温度740℃、圧力200mTorrの条件でレーザ蒸着を行う。超伝導回路パターン70A及び引出パターン70Bは、YBCO薄膜を形成した後、このYBCO薄膜をパターニングすることにより形成される。YBCO薄膜の形成は、レーザ蒸着により行う。その条件は、誘電体薄膜65の形成の場合と同様である。

【0055】上記実施例では、超伝導材料としてYBCOを用い、誘電体材料としてMgOを用いたが、他の酸化物超伝導材料や誘電体材料を用いてもよい。使用可能な酸化物超伝導材料として、YBCOのYの代わりにNd、Eu、Ho等を用いた酸化物超伝導材料が挙げられる。MgOの他に、チタン酸ストロンチウム(STO)やLa<sub>0.35</sub>Sr<sub>0.65</sub>Al<sub>0.975</sub>Ta<sub>0.025</sub>O<sub>3</sub>(LAST)等が挙げられる。

【0056】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、



(7)

特開2001-127351

11

12

超伝導回路基板のパッドを高くすることにより、再現性よく超伝導回路基板を実装基板上に接合することができる。マイクロストリップライン構造の配線と接地導体との距離を変化させることにより、配線幅を変化させても、その特性インピーダンスを一定に保つことができる。外部との接続部の配線幅を太くすることにより、配線と外部の導体との接合を容易に行うことが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例による超伝導回路装置の断面図及び平面図である。

【図2】第1の実施例による超伝導回路装置に使用される超伝導回路基板の製造方法を説明するための基板の断面図（その1）である。

【図3】第1の実施例による超伝導回路装置に使用される超伝導回路基板の製造方法を説明するための基板の断面図（その2）である。

【図4】YBCOからなるパッド同士の接続部の抵抗の温度依存性を示すグラフである。

【図5】1枚の実装基板上に複数の超伝導回路基板を実装した超伝導回路装置の平面図である。

【図6】第2の実施例による超伝導回路装置の断面図及び平面図である。

#### 【符号の説明】

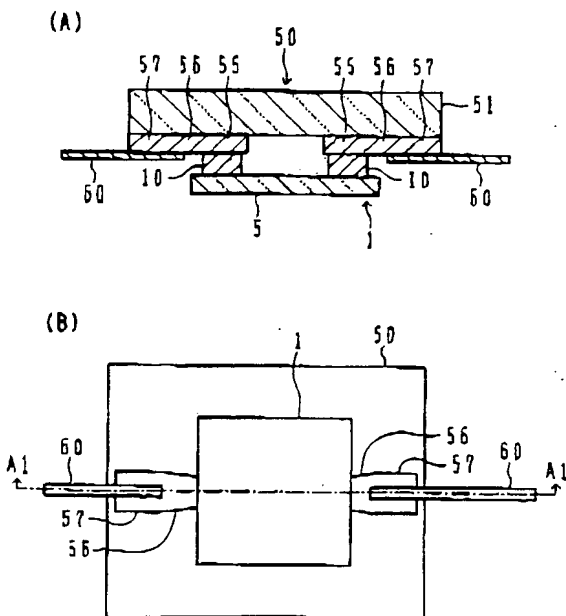
1 超伝導回路基板

\*

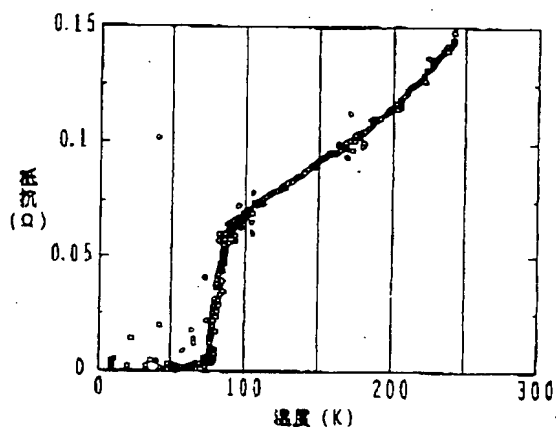
- \* 5 誘電体基板
- 6 超伝導厚膜
- 10 パッド
- 12、12b 超伝導薄膜
- 12a 接地導電膜
- 13、13a 誘電体薄膜
- 15a 超伝導回路パターン
- 15b 超伝導薄膜
- 50 実装基板
- 51 誘電体基板
- 55 パッド
- 56、58 配線
- 57 外部接続用パッド
- 60 中心導体
- 61 超伝導部材
- 62 誘電体部材
- 63、64 超伝導薄膜
- 65 誘電体薄膜
- 70A 超伝導回路パターン
- 70B 引出パターン
- 71 中心導体
- 75 第1の領域
- 76 第2の領域
- 77 第3の領域

【図1】

第1の実施例による超伝導回路装置



【図4】

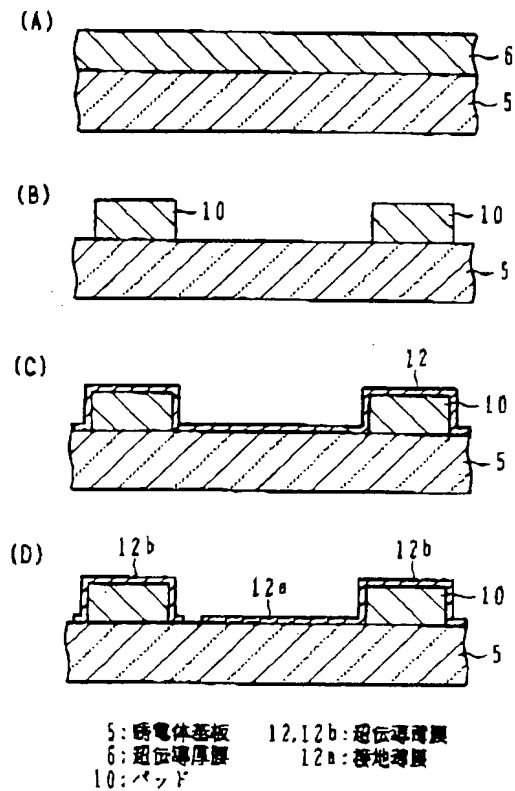


(8)

特開2001-127351

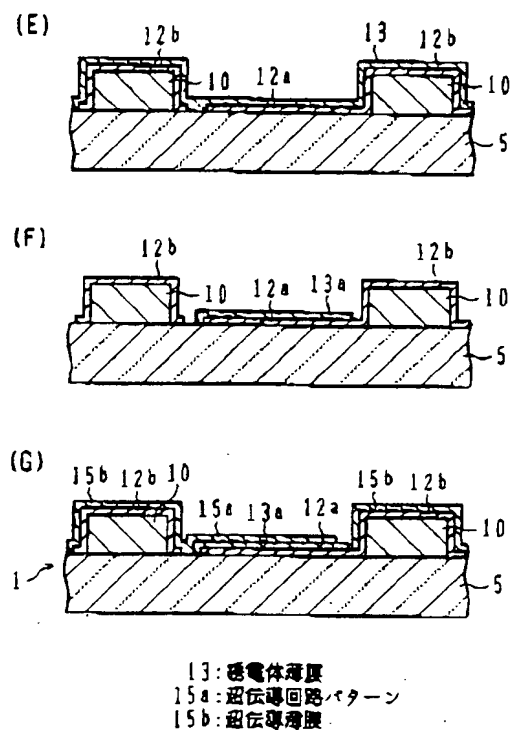
【図2】

第1の実施例による製造方法(その1)

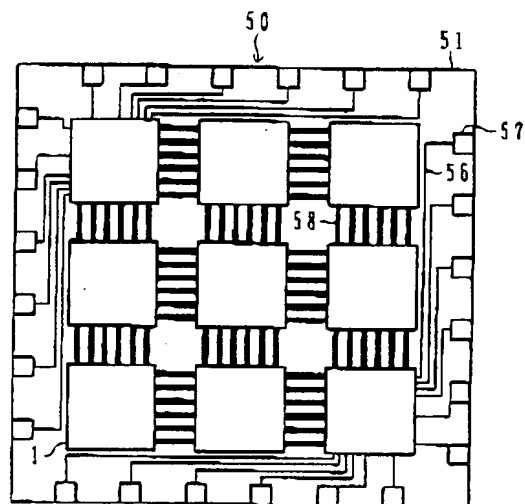


【図3】

第1の実施例による製造方法(その2)



【図5】

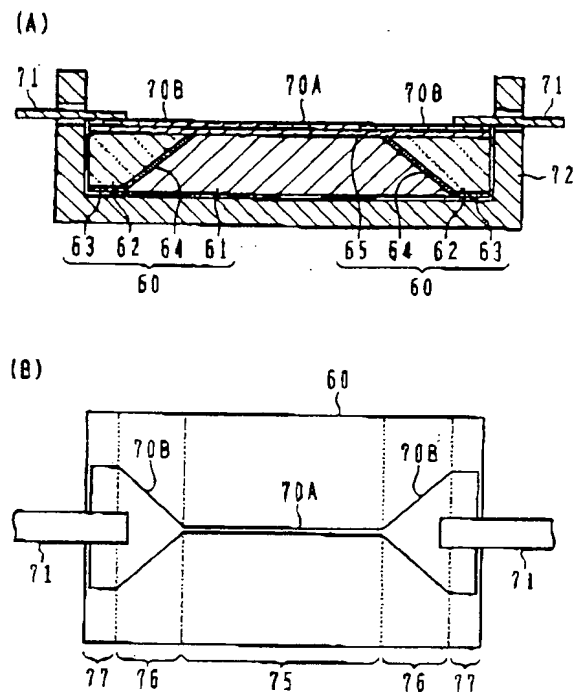


(9)

特開2001-127351

【図6】

第2の実施例による超伝導回路装置



フロントページの続き

(72)発明者 榎本 陽一  
東京都江東区東雲一丁目14番3号 財団法人  
国際超電導産業技術研究センター 超電  
導工学研究所内

(72)発明者 鈴木 秀雄  
東京都江東区東雲一丁目14番3号 財団法人  
国際超電導産業技術研究センター 超電  
導工学研究所内

(72)発明者 和泉 輝郎  
東京都江東区東雲一丁目14番3号 財団法人  
国際超電導産業技術研究センター 超電  
導工学研究所内

(72)発明者 塩原 融  
東京都江東区東雲一丁目14番3号 財団法人  
国際超電導産業技術研究センター 超電  
導工学研究所内

(72)発明者 飯山 道朝  
東京都江東区東雲一丁目14番3号 財団法人  
国際超電導産業技術研究センター 超電  
導工学研究所内

Fターム(参考) 4M114 AA29 BB05 CC09  
5J014 CA02 CA05 CA08 CA14 CA42  
CA53